



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑧⑦ EP 0 381 668 B1

⑩ DE 37 88 656 T 2

⑤① Int. Cl.⁵:
G 03 B 27/73

③
DE 37 88 656 T 2

②① Deutsches Aktenzeichen:	37 88 656.8
⑧⑥ PCT-Aktenzeichen:	PCT/US87/02531
⑧⑥ Europäisches Aktenzeichen:	88 900 901.5
⑧⑦ PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 89/03062
⑧⑥ PCT-Anmeldetag:	1. 10. 87
⑧⑦ Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	6. 4. 89
⑧⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA:	16. 8. 90
⑧⑦ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	29. 12. 93
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt:	14. 7. 94 ✓

⑦③ Patentinhaber:
Eastman Kodak Co. (n.d.Ges.d. Staates New Jersey),
Rochester, N.Y., US

⑦④ Vertreter:
Blickle, W., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 70327 Stuttgart

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, GB, LI

⑦② Erfinder:
Goodwin, Robert Melvyn, Rochester, NY 14650, US;
Cosgrove, Patrick Andre, Rochester, NY 14650, US

⑤④ VERFAHREN ZUR KALIBRIERUNG UND KONTROLLE EINES PHOTOGRAPHISCHEN FARBPRIINTER.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artik III § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht word n. Si wurde vom D utsch n. Pat ntamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 37 88 656 T 2

VERFAHREN ZUR KALIBRIERUNG UND STEUERUNG
EINES FOTOGRAFISCHEN FARBPRIINTER

Die vorliegende Erfindung betrifft ein System zum Kalibrieren und Steuern eines fotografischen Farbprinters, insbesondere ein computergesteuertes System, das auf statistischer Basis auf die Spektralempfindlichkeitsmerkmale des Densitometers, der Belichtungssteuereinrichtung, der fotografischen Printmaterialien und des Entwicklungssystems, die zur Herstellung von Prints von Farbnegativen verwendet werden, kalibriert wird.

Die Erfindung eignet sich besonders für die Verwendung in einem Hochleistungs-Farbprinter und behält die Kalibrierung bei, auch wenn zehntausende von Prints pro Stunde hergestellt und verschiedene Papierarten, die von Zeit zu Zeit gewechselt werden können, verwendet werden. Die Erfindung ist allgemein auf fotografische Printersysteme anwendbar und kann zur zuverlässigen Erzeugung von qualitativ hochwertigen Prints über lange Zeit verwendet werden.

Die Kalibrierung oder Einrichtung von Farbprintern, die heutzutage in Fotolabors eingesetzt werden, wurde durch manuelles Einstellen aufgrund der subjektiven Beurteilung von Prints mit Probenegativen durch Fachpersonal ausgeführt. In US-A-4,526,462 wird ein computergesteuertes Kalibriersystem vorgeschlagen, das von Bezugsnegativen hergestellte Prints, die sowohl über- als auch unterbelichtet sind, und einen Standardprint verwendet, um ein Modell für die Farbkorrektur zu erhalten, das eine auf den Standardprint bezogene Farbgleichheit ergibt. Durch Verwendung unter- und überbelichteter Bezugsnegative kann die Kurve der nichtlinearen Dichte/Belichtungszeit des Fotoprintpapiers verfolgt werden, und man erhält so Korrekturfaktoren für die Belichtungszeiten über einen ausreichenden Dichtebereich der Negative. Im US-A-4,464,045 wird ein spezielles Kalibriernegativ mit mehreren Stufen unterschiedlicher Dichte verwendet. Aus diesem Ausschnitt hergestellte Prints werden dazu benutzt, Korrekturfaktoren für die Farbgleichheit über eine Reihe von Dichten eines Negativs zur Serienherstellung von Prints zu

erhalten. Weil die Wechselwirkungen des Densitometers, das die Negative abtastet, der Belichtungsvorrichtung, des Papiers und des Printverfahrens nicht definiert sind und von Printer zu Printer schwanken, ist die Verwendung standardisierter oder Bezugsprints zum Herleiten von Korrekturfaktoren ein empirischer Prozeß, wofür auch die Ergebnisse von Belichtungen und Prints von Bezugsnegativen verwendet werden.

Erfindungsgemäß wurde festgestellt, daß ein Modell der komplexen Scanner-, Printer-, Papier- und Printverarbeitungssysteme statistisch abgestützt sein muß, um die Belichtungssteuerung (sowohl Intensität der Farbkomponenten der Beleuchtung als auch Belichtungszeiten) von Unterschieden der Scanner und den Auswirkungen unterschiedlicher Belichtungssteuergeräte, Fotopapiereigenschaften und vom Entwicklungsprozeß sowie ihren Wechselwirkungen unabhängig zu machen. Durch Verwendung der erfindungsgemäßen Kalibriermodelle kann eine Transmissionsdichte verwendet werden, die vom zu belichtenden Negativ abhängig und von den Unterschieden des Scanners und der Belichtungssteuereinrichtung, des Fotopapiers und Printverfahrens und ihren Wechselwirkungen unabhängig ist. Somit liefert jedes Negativ ein standardisiertes Ergebnis aller damit kalibrierten Printer.

Das System erzeugt ein Kalibriermodell für den Densitometer des Printers und ein weiteres Kalibriermodell für das fotografische System des Printers einschließlich Belichtungssteuereinrichtung, Papier und Verarbeitungssystem. Diese Modelle werden durch Regressionsberechnungen anhand statistischer Daten von einem Satz Kalibrierfeldern hergeleitet. Jedes Feld hat eine unterschiedliche Stufe einer anderen Farbe und Neutralgrau. In einer bevorzugten Ausführungsform wird beispielsweise ein Satz von siebzehn Kalibrierfeldern verwendet, der aus drei Stufen (mit jeweils unterschiedlichem Blendenwert, z.B. -2, +2 und +6) von vier verschiedenen Farben und fünf verschiedenen Neutralwerten besteht. Die verschiedenen Farben in der bevorzugten Ausführungsform können grün, magenta, Himmelslicht und Wolframring (Glühlampe) sein. Der Satz umfaßt somit die ganze Bandbreite der in einer durchschnittlichen Filmverarbeitungsmenge vorliegenden Negativdichten. Diese Kalibrierfelder werden dazu verwendet, alle erforderlichen statistischen Angaben durch Belichtung mit verschiedenen Belichtungswerten (z.B. einer vollen Reihe von Ausgleichswerten) zu liefern, um Prints zu erhalten, deren

statistische Daten von einem Densitometer erfaßt werden können. Diese statistischen Daten werden in Regressionsberechnungen verwendet, um die Modelle zur Beschreibung des Verhaltens des Gesamtsystems zu erhalten. Mit diesen Modellen werden die Transmissionsdichten in Signale eines Werts umgewandelt, die die Belichtungssteuereinrichtung (sowohl Intensität der Farbkomponenten der Beleuchtung als auch Belichtungszeit) so einstellen, daß man qualitativ hochwertige Prints erhält.

Daher ist es die Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes System zum Kalibrieren und Steuern eines fotografischen Farbprinters zu schaffen.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Kalibriersystem für einen Farbprinter zu schaffen, bei dem das System auf einem statistischen Modell beruht, um die Korrekturfaktoren zum Umwandeln der Transmissionsdichten in Signale zum Betreiben einer Belichtungssteuereinrichtung zum Belichten des Negativs zu erhalten, womit ein Qualitätsprint mit standardisierter Printdichte in jeder seiner Farbkomponenten hergestellt wird.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes System zum Kalibrieren eines Farbprinters zu schaffen und die Belichtungen von Negativen unabhängig von den Empfindlichkeitsmerkmalen des Scanners, der Belichtungssteuereinrichtung, des Fotopapiers und des Fotoverarbeitungssystems zu machen, welches automatisch eine notwendige Kalibrierung durchführen kann.

Kurz gesagt, kann die Erfindung als fotografisches Printsysteem ausgeführt werden, bei dem ein Printmedium durch Filmnegative hindurch mit Licht, das Farbkomponenten unterschiedlicher Intensität und mit unterschiedlichen Belichtungszeiten aufweist, belichtet wird. Das Printsysteem enthält ein Filmdensitometer zum Bestimmen der Negativdichten und eine Belichtungsvorrichtung, die das die Farbkomponenten unterschiedlicher Intensität und unterschiedlicher Belichtungszeiten enthaltende Licht liefert. Das erfindungsgemäße System kalibriert das Printsysteem zur Belichtung des Printmediums durch die Negative hindurch so, daß man nach Verarbeitung des Mediums in einem Verarbeitungssystem Prints der gewünschten Dichte unabhängig von den

unterschiedlichen Dichtewerten und der Spektralempfindlichkeit des Densitometers, des Printmediums, des Verarbeitungssystems und der Belichtungsvorrichtung erhält. Das Kalibriersystem verwendet einen Satz mit einer Gruppe von Filmnegativfeldern einschließlich einer ersten Gruppe von Neutralfeldern unterschiedlicher Dichte und einer zweiten Gruppen von Farbfeldern unterschiedlicher Farbe. Jede der zweiten Gruppe von Feldern enthält eine Gruppe von Feldern unterschiedlicher Dichte, so daß der Satz im wesentlichen die ganze Bandbreite der in einer durchschnittlichen Verarbeitungsmenge von Farbnegativen vorliegenden Negativdichten umfaßt. Es sind Mittel vorgesehen, die die Felder zum Herleiten eines Kalibriermodells des Densitometers, welches die Empfindlichkeit des Printmediums emuliert, verwenden. Außerdem sind Mittel vorgesehen, die die Felder und eine Reihe von Prints, die mit einer unterschiedlichen Kombination von Intensitäten der Farbkomponenten jedes Felds hergestellt werden, zum Herleiten eines fotografischen Kalibriermodells verwenden, welche die Negativdichte mit der Dichte der durch Belichten und Verarbeiten des Printmediums hergestellten Prints vergleicht. Schließlich enthält das System Belichtungssteuermittel, die das Densitometer-Kalibriermodell und das fotografische Kalibriermodell zum Steuern der Intensitäten der Farbkomponenten und der Belichtungszeiten in der Belichtungsvorrichtung verwenden. Somit werden, wenn Negative für die Serienherstellung von Prints vom Densitometer gemessen und die Kalibriermodelle angewandt werden, die Transmissionsdichten exakt auf die erforderliche Dichte der verarbeiteten Prints abgebildet, unabhängig von den Merkmalen des Densitometers, der Belichtungsvorrichtung, des Printmediums und des Verarbeitungssystems. Die Transmissionsdichten werden vom Belichtungssteuermittel in Signale zum Steuern der Belichtungssteuereinrichtung umgewandelt, um standardisierte Belichtungsergebnisse zu erzielen, beispielsweise RGB-Dichten von 0,8, 0,8, 0,8.

Diese und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile sowie eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Funktionsblockdiagramm mit schematischer Darstellung eines fotografischen Farbprinters, der das erfindungsgemäße Kalibrier- und Steuerungssystem enthält;

- Fig. 2 ein Schema zur Darstellung der räumlichen Verhältnisse der Film-scanner- (Densitometer-) Belichtungsvorrichtung und des Kalibrierfelds, die im System der Fig. 1 montiert sind;
- Fig. 3 ein Blockdiagramm der Beziehung zwischen den Hardware-Komponenten, die das im Funktionsblockdiagramm der Fig. 1 dargestellte System ausmachen;
- Fig. 4 ein Diagramm der Struktur der Software (Computerprogramme), die bei der Erzielung der im Funktionsblockdiagramm der Fig. 1 dargestellten Funktionen der wirksam sind;
- Fig. 5 ein Flußdiagramm des Programms für das Filmdensitometer-Kalibriermodell der Fig. 4;
- Fig. 6 ein Flußdiagramm des Programms für das fotografische Kalibriermodell der Fig. 4;
- Fig. 7 ein Flußdiagramm des Programms für die fotografische Kalibrier-Regressionsberechnung der Fig. 6; und
- Fig. 8 ein Flußdiagramm der Verwendung des Kalibriermodells für die Belichtungsvorrichtung der Fig. 4.

Fig. 1 und 2 enthalten eine schematische Darstellung eines Farbprinters, der Prints von Negativen herstellt, die zwischen einer Abwickelspule 10 und einer Aufwickelspule 12 einer ersten Station 14, wo das Negativ von einem Filmscanner 16 abgetastet wird, und von dort einer zweiten Station 18, wo das Negativ mit einer Belichtungsvorrichtung, dargestellt als Lampenhaus 20, belichtet wird, zugeführt werden. Der Filmscanner ist ein Densitometer unter Verwendung einer Videokamera oder einer Fotozellen-Matrixanordnung. Eine Kamera mit einer ladungsgekoppelten Bauelement- (CCD-) Sensoranordnung kann ebenfalls verwendet werden. Die Kamera oder Fotozellen, vorzugsweise bestehend aus vierundzwanzig Zeilen und sechsunddreißig Spalten, lösen das abgetastete Negative in eine Pixel-Matrix auf. Die vierundzwanzig mal sechsunddreißig-Matrix weist achthundertundvierundsechzig Pixel auf, der Filmscanner liefert eine vollständige Matrix für jede Farbe (RGB) für insgesamt 2.592 Meßwerte pro abgetastetem Bild.

Das schematisch in Fig. 2 dargestellte Lampenhaus enthält drei Farbabschwächungsscheiben 22, die die Intensität der Farbkomponenten (RGB) entsprechend ihrer Winkelpositionen verändern. Die Lichtquelle besteht aus einer Lampe 24 oder aus drei Lampen, je einer pro Farbe. Das durch die Scheiben tretende Licht tritt in eine Mischkammer ein, die Teil des Lampenhauses ist, und passiert danach eine Verschluß-/Linsenanordnung 26 am Ausgang des Lampenhauses.

Nachdem das Licht in der Belichtungsstation 18 durch das Negativ hindurchgetreten ist, wird es von einer Zoomlinse 28 auf das Printmedium (Papier) in einer Stufe 30 mit geeigneten Masken und Führungen fokussiert. Das Papier wird von einer Papier-Abwickelspule 32 auf eine Papier-Aufwickelspule 34 gespult, wie Fig. 1 zeigt.

Eine Gruppe, in dieser Ausführungsform siebzehn (17), von Filmnegativ-Kalibrierfeldern 36 ist entlang eines zur Außenfläche einer Tragscheibe, dargestellt als Karussell 38, parallelen Bahn angeordnet. Dieses Karussell ist so bemessen, daß die Felder durch Drehen des Karussells mittels eines Schrittmotors 40 zur Negativ-Abtaststation 14 und zur Negativ-Belichtungsstation 14 bewegt werden können. Während der Serienherstellung befinden sich Öffnungen im Karussell im Strahlengang der Stationen 14 und 18.

In der Belichtungsvorrichtung 20 wird die Intensität der Farbkomponenten durch Intensitätssteuersignale, die Motoren zum Drehen der Abschwächungsscheiben 22 betätigen, verändert. Es können drei derartige Signale verwendet werden. Die Belichtungszeit wird durch Steuerung des Verschlusses 26 mittels eines Belichtungszeit-Steuersignals verändert.

Damit das Filmscanner-Densitometer 16 die Empfindlichkeit des Fotopapiers emuliert, wird die Densitometerlogik 42 mit einem Programm implementiert, das ein Densitometer-Kalibriermodell liefert. Die Ausgangssignale dieses Modells bestehen aus RGB-Dichtedaten bezüglich der Dichten der Negative für die Serienherstellung, die sich von der Spule 10 zur Spule 12 bewegen, oder der Kalibrierfelder während der Kalibrierung oder Einrichtung des Printers. Natürlich enthält das System auch Motorantriebe und Steuerungen für die Negative und das Fotopapier, die computergesteuert sein können. Der Printer arbeitet computergesteuert sowohl bei der Kalibrierung als auch bei der serienmäßigen Herstellung von Prints.

Die Densitometerdaten werden über einen Transmissionsdichtewandler 43 und eine Steuerprintlogik 68 der fotografischen Kompensationslogik 44 zugeführt, die ebenfalls mittels eines Programms zur Erzeugung eines fotografischen Kalibriermodells implementiert ist, das sowohl die RGB-Dichtedaten als auch statistische Daten von den Kalibrierfeldern verarbeitet. Dies wird durch Verwendung der Belichtungsvorrichtung 20 und des Fotopapiers erreicht.

Die Kalibrierfelder 36 in dieser Ausführungsform bestehen aus fünf neutralen (N) Feldern von jeweils unterschiedlicher Dichte, die wie bei Belichtung mit verschiedenen Kamerablendenwerten zwischen -2 und +6 hergestellt werden. Geeignete Kamerablendenwerte sind -2, 0, +2, +4 und +6. Es sind zwölf Sätze Monochromfelder jeweils unterschiedlicher Farbe vorhanden, in dieser Ausführungsform grün (G), magenta (M), Himmelslicht (S) und Wolframring (Glühlampenlicht) (T) (nämlich zwei Sätze orthogonaler Farben) von jeweils unterschiedlicher Printdichte der Blendenwerte von -2 bis +6. Vorzugsweise erhält man diese Dichtestufen durch Belichtung der Monochromfelder mit den Blenden +2, -2 und +6. Dieser Satz orthogonaler Farben wird in einem handelsüblichen Printer verwendet und ist in Fig. 4 der US-A-4,159,174 dargestellt.

Um statistisch ausreichende Daten zu erhalten, wird jedes dieser Felder dreimal mit einem geplanten Satz von Belichtungsausgleichswerten belichtet. Jeder Satz besteht aus einer anderen Kombination von RGB-Ausgleichswerten, die man mit einer unvollständigen dreistufigen, voll faktoriellen Auslegung erhält. Sie können eine Dichte von 0,15 (auf der üblichen logarithmischen Dichteskala) haben. Ein geeigneter Satz von Ausgleichswerten ist in Tabelle 1 enthalten, in der die mit Minus gekennzeichneten Belichtungsausgleichswerte eine Dichte von -0,15, die mit Plus +0,15 und die mit 0 (keine Differenz) aufweisen. Die Größe der Ausgleichswerte wird bestimmt, indem man sicherstellt, daß die resultierenden Papierdichteunterschiede im Vergleich zur Abweichung der Papierdensitometrie groß sind, aber nicht so groß, daß sie in den Ansatz oder Kipp-Punkt der Dichte-/Log-Belichtungswert-Kurve des Papiers fallen.

TABELLE 1

	<u>Feldbezeichnung</u>	<u>R</u>	<u>G</u>	<u>B</u>
1)	-2G	0	-1	-1
2)	-2M	0	0	0
3)	-2N	-1	-1	+1
4)	-2S	+1	0	+1
5)	-2T	-1	-1	0
6)	0N	+1	-1	0
7)	+2G	0	-1	+1
8)	+2M	+1	-1	-1
9)	+2N	-1	+1	+1
10)	+2S	+1	+1	0
11)	+2T	0	+1	0
12)	+4N	-1	-1	-1
13)	+6G	0	-1	0
14)	+6M	0	+1	+1
15)	+6N	-1	+1	0
16)	+6S	0	+1	-1
17)	+6T	+1	+1	-1
18)	-2G	+1	0	0
19)	-2M	+1	+1	+1
20)	-2N	0	0	-1
21)	-2S	-1	+1	-1
22)	-2T	+1	0	-1
23)	0N	-1	0	+1
24)	+2G	-1	0	0
25)	+2M	0	0	+1
26)	+2N	0	-1	-1
27)	+2S	-1	-1	+1
28)	+2T	+1	-1	+1
29)	+4N	0	0	0
30)	+6G	+1	0	+1

31)	+6M	-1	-1	0
32)	+6N	+1	-1	-1
33)	+6S	+1	-1	0
34)	+6T	0	-1	+1
35)	-2G	-1	+1	+1
36)	-2M	-1	-1	-1
37)	-2N	+1	+1	0
38)	-2S	0	-1	0
39)	-2T	0	+1	+1
40)	0N	0	+1	-1
41)	+2G	+1	+1	-1
42)	+2M	-1	+1	0
43)	+2N	+1	0	0
44)	+2S	0	0	-1
45)	+2T	-1	0	-1
46)	+4N	+1	+1	+1
47)	+6G	-1	+1	-1
48)	+6M	+1	0	-1
49)	+6N	0	0	+1
50)	+6S	-1	0	+1
51)	+6T	-1	0	0

Aus der obigen Tabelle erkennt man, daß drei Sätze von Prints für jedes der siebzehn Kalibrierfelder oder eine Reihe von 51 Kalibrierprints hergestellt werden.

Nach dem Herstellen der Prints wird das Papier aus der Aufwickelspule 34 entnommen und mit dem Papierverarbeitungssystem 46 (das die Fotoentwicklungschemikalien enthält) zu den 51 Prints verarbeitet. Diese Prints bilden die Grundlage für die Erfassung umfassender Daten, aus denen das fotografische Kalibriermodell durch mathematische statistische Berechnungen hergeleitet werden kann. Die Prints werden mit einem Print-Densitometer 48 abgetastet, um die RGB-Dichten jedes Prints zu erhalten. Das Densitometer kann handelsüblicher Art und mit dem Computersystem, das die Logik 42 und 44 liefert, über eine Datenverbindung (Modem oder Schnittstelle) verbunden sein.

Das fotografische Kalibriermodell speichert eine Matrix von Koeffizienten und Ausgleichswerten mit den RGB-Dichten der Densitometer-Logik 42, um logarithmierte RGB-Belichtungswerte zu erhalten, die die Schwankungen sowohl im Scanner 16 als auch im fotografischen System einschließlich Verarbeitungssystem (einschließlich Schwankungen der Papieremulsionschargen) kompensieren. Daher wird jedes Negativ für die Serienherstellung so belichtet, daß man ein standardisiertes Ergebnis erhält.

Um die Intensitäts- und Belichtungszeitsignale aus diesen logarithmierten Belichtungswerten zu erhalten, verarbeitet die Belichtungslogik 50 die logarithmierten Belichtungswerte von der fotografischen Kompensationslogik 44. Die Belichtungslogik enthält ein Belichtungskalibriermodell für die Belichtungszeit- und Intensitätssignale, die dann zur Steuerung der Belichtungs-
vorrichtung (Lampenhaus 20) verwendet werden. Während der Herstellung wird jedes Negativ vom Filmscanner 16 abgetastet. Die Matrix der Pixelsignale wird vom Densitometer-Kalibriermodell, danach vom Transmissionsdichtewandler 43 und schließlich vom fotografischen Kalibriermodell verarbeitet, so daß man die logarithmierte RGB-Belichtung erhält. Die Belichtungs-
vorrichtung wird dann so eingestellt, daß das Negativ, sobald es die Printstation 18 erreicht, mit der gewünschten Belichtungs-Farbintensität und -zeit belichtet wird.

Fig. 3 zeigt die Hardwarekomponenten des Printers, von denen einige bereits im Zusammenhang mit Fig. 1 und 2 beschrieben wurden. Die Filmtransport-Hardware beinhaltet die Spulen 10 und 12 sowie den gesamten Filmbewegungsmechanismus. Die Papiertransport-Hardware beinhaltet die Spulen 32 und 34 sowie die verschiedenen Transportmechanismen für das Fotopapier 33, das von einer Spule zur anderen geführt wird und an der Printstation 18 anhält.

Die Densitometerlogik 42, die fotografische Kompensationslogik 44 und die Belichtungslogik 50 werden mit einem Programm in einer Zentraleinheit (CPU) 52 implementiert. Diese Einheit kann alle vom Printdensitometer und vom Scanner 16 gelieferten statistischen Daten in einem Plattenspeicher 54 sowie die Zwischenberechnungen für die Herleitung der Modelle in einem Zwischenspeicher speichern. Die Koeffizienten und Ausgleichswerte des Modells werden

ebenfalls im Plattenspeicher 54 gespeichert. Als CPU 52 können entweder ein einzelner Prozessor (beispielsweise ein Super-Mikrocomputer wie z.B. ein Computer mit einem Motorola 68.000-Mikroprozessor) oder eine Gruppe von Computern, die als Parallelrechner arbeiten, eingesetzt werden.

Fig. 4 zeigt die Struktur der Software (Computerprogramme), die sowohl zum Kalibrieren als auch zum serienmäßigen Herstellen von Prints im System verwendet wird. Dies beinhaltet eine Software (Computerprogramm) zur Erzeugung des Filmdensitometermodells 60. Sie liefert die RGB-Printdichten. Diese Werte werden dann durch einen Transmissionsdichtewandler 43 geschickt, der einen (in der Software implementierten) Algorithmus zur Belichtungsbestimmung durchführt, mit dem man die Transmissionsdichten erhält. Dieser Algorithmus kann der bekannten Art entsprechen, wobei die Neutral- und Farbbelichtungen automatisch in Abhängigkeit vom Szeneinhalt berechnet werden, oder er kann so einfach sein, daß ein Bediener manuell die Belichtung des Negativs aufgrund einer visuellen Beurteilung des Szeneinhalts verändert. Die erhaltene "Transmissionsdichte" ist eine typische Belichtung, die keinerlei besondere Printermerkmale berücksichtigt. Danach wird diese Transmissionsdichte in das fotografische Kalibriermodell 62 des Printsystems geladen und in einen absoluten logarithmierten Belichtungswert umgewandelt, der spezifische Einrichtungs- und Steuerungsangaben enthält. Schließlich wird diese absolute logarithmierte Belichtung durch das Kalibriermodell für die Belichtungsvorrichtung 66 geschickt, welches die absolute logarithmierte Belichtung in eine Kombination aus Farblichtintensitäten und Belichtungszeiten zum Herstellen eines einwandfreien Prints umwandelt.

Die Transmissionsdichten sind geräteunabhängige Ausgangssignale des Algorithmus zur Belichtungsbestimmung. Werden sie an die fotografische Kompensationslogik 44 und die Belichtungslogik 50 übertragen, erzeugen sie Prints gleicher Güte ohne Rücksicht auf Schwankungen des Scanners, der Belichtungsvorrichtung oder des Fotopapiers oder fotografischen Prozesses.

Ein fotografisches Kalibriermodell 62, das die fotografische Kompensationslogik implementiert, wird ebenfalls durch Software implementiert. Das Belichtungskalibriermodell 66, das die Belichtungslogik 50 implementiert,

ist auch Teil der Softwarestruktur. Die Kontrollprintlogik arbeitet mit der vom Printdensitometer ausgegebenen Printdichte und liefert digitale Daten (statistische Daten), die bei der Herleitung des fotografischen Kalibriermodells verwendet werden. Im Fall des normalen neutralen Prints kontrolliert die Kontrollprintlogik den Abgleich oder fügt im Fall der Printreihen die Belichtungsdifferenzen (Tabelle 1) hinzu.

Betrachten wir zunächst das Programm für das Filmdensitometer-Kalibriermodell, dessen Flußdiagramm Fig. 5 enthält. In Fig. 5 wird angenommen, daß der Scannerausgang das Ausgangssignal jeder Fotozellenmatrix ist, die ein Pixel des abgetasteten Negativs definiert. Sie ist eine 24 x 36-Matrix, die 864 Ausgangssignale pro Abtastung liefert. Jede Fotozelle (jedes Pixel) hat drei Ausgangssignale, die die RGB-Dichten des gemessenen Films liefern. Es ist zu bemerken, daß das Scannerdensitometer 70 seine eigene Lichtquelle und einen Lichtkanal (mit Linsen) aufweist, der das Licht durch die Kalibrierfelder 36 und die Negative für die Serienherstellung von Prints leitet. Zuerst werden die Spannungen jeder Fotozelle gemessen, wozu nur der Scanner und zwei Spezialfilter, die zwischen der Lichtquelle und dem Scanner an der Stelle der Kalibrierfelder (auf dem Karussell) eingesetzt sind, verwendet werden. Diese Spezialfilter können von einigen der neutralen Felder geliefert werden. Es werden ein Kalibrierfilter geringer Dichte und ein Kalibrierfilter hoher Dichte verwendet. Geeignete Dichten für diese Filter sind 0,7 und 2,7. Diese Filter können aus Inconel wegen seines neutralen Spektrums und seiner Stabilität bestehen. Die Bestimmung des Meßwerts findet bei 78 statt.

Die Meßwerte werden mittels Analog-Digital-Umsetzung in digitale Werte umgewandelt. Die Ausgangssignale sind A/D-Zählimpulse. Die Bestimmung der umgewandelten Werte findet bei 80 in Fig. 5 statt. Die Spannungen werden über Regelverstärker gemessen, die auch Justierungen für Offset- oder Vorspannungen aufweisen. Justierungen (Block 82) werden zum Justieren des Werts der digitalen Daten vorgenommen. Für eine bestimmte Farbe erhält man durch Verwendung der Kalibrierfilter geringer und hoher Dichte denselben Hi/Lo-Zählimpuls.

Die Kalibrierung der Farbe erfolgt durch Offline-Messung des spektralen Durchlaßgrads der Kalibrierfelder 36 mit einem Spektralfotometer. Die daraus resultierende Durchlaßgrad-/Wellenlängekurve (Spektralempfindlichkeit) wird mit den roten, grünen und blauen Spektralempfindlichkeitskurven des Fotopapiers für jedes Kalibrierfeld multipliziert, so daß man Daten erhält, die drei neue Kurven für jedes Feld definieren. Die durchschnittliche Farbsättigung der Belichtungsvorrichtung (Lichtquelle 70) wird dazu verwendet, die Daten für jede der Kurven zu multiplizieren, so daß man Daten für neue Kurven erhält. Die Fläche unter den neu erhaltenen Kurven wird integriert, um rote, grüne und blaue "Sollprintdichten" für jedes Kalibrierfeld zu erhalten. Diese Sollprintdichten stellen theoretisch den Wert dar, den das Densitometer 16 messen sollte, wenn die Spektralempfindlichkeit jedes der drei (RGB-) Kanäle des Densitometers 16 genau den Spektralempfindlichkeiten des Fotopapiers entspricht. Dieser Vorgang ist in Block 84 dargestellt, da damit die Sollprintdichten des Kalibrierfelds bestimmt werden.

Danach wird der Mittelwert der digitalen Zählimpulse für jede Farbe jedes Kalibrierfelds bei der Messung und A/D-Umsetzung 86 bestimmt. Dieser Vorgang beinhaltet auch die Mittelwertbildung der digitalen Zählimpulse für jede Farbe jedes Kalibrierfelds. Anhand der Solldichtedaten und durchschnittlichen A/D-Zählimpulse für die Kalibrierfelder 36 wird eine Regressionsberechnung in der CPU 52 (Fig. 3) durchgeführt, mit der man das Filmdensitometer-Kalibriermodell erhält. Dieser Vorgang findet bei 88 in Fig. 5 statt. In der Regressionsberechnung werden die durchschnittlichen digitalen Zählimpulse für jede Farbe jedes Felds als unabhängige Variablen und die Solldichten jeder Farbe jedes Kalibrierfelds als abhängige Variablen verwendet. Die Regressionsanalyse kann eine 17×3 -Matrix beinhalten. Damit ergibt sich eine 3×3 -Koeffizientenmatrix und eine 1×3 -Ausgleichsmatrix. Die Regressionsgleichung ist nachstehend angegeben. Ebenso ist die Stelle der Koeffizienten- und Ausgleichsmatrizes angegeben.

$$A * M + O + \epsilon = P$$

mit:

A = 17 x 3-Matrix der durchschnittlichen A/D-Zählimpulse

M = 3 x 3-Matrix der Regressionskoeffizienten

O = 1 x 3-Matrix der Regressionsausgleichswerte

ϵ = 17 x 3-Matrix der Abweichungen zwischen den berechneten und den gemessenen P-Werten. Die Summe der Quadrate aller ϵ -Werte wird minimiert.

P = 17 x 3-Matrix der Sollprintdichten.

Das damit erhaltene Filmdensitometer-Kalibriermodell wird durch Messung der Fotozellenspannungen aller Pixel aller drei Farben für das gemessene Filmnegativ verwendet. Diese Spannungen werden dann in digitale Zählimpulse umgewandelt und für die Berechnungen in die CPU geladen. Die digitalen RGB-Werte für jedes Pixel werden mit der 3 x 3-Koeffizientenmatrix multipliziert, und die 1 x 3-Ausgleichsmatrix wird hinzuaddiert, so daß man "Printdichten" wie in Fig. 4 dargestellt erhält. Dies sind die Dichten, die gemessen würden, wenn das Fotopapier als Densitometer verwendet würde.

Die Struktur des Programms zur Bestimmung des fotografischen Kalibriermodells ist in Fig. 6 dargestellt. Man erhält ein Rechenmodell der Wechselwirkungen zwischen Filmdensitometer und Belichtungsvorrichtung 20. Das Modell ist fest und muß nicht geändert werden, solange das Filmdensitometermodell oder das Belichtungsvorrichtungsmodell bei einer Änderung ihrer jeweiligen Hardware geändert werden. Eine Neuberechnung des fotografischen Kalibriermodells ist nötig, wenn ein anderes Printpapier als bei dem Modell, für das es ursprünglich berechnet wurde, verwendet wird. In der Praxis muß eventuell das fotografische Kalibriermodell bei einer größeren Änderung neu berechnet werden, wenn das Filmdensitometer oder die Belichtungsvorrichtung geändert werden und das jeweilige Modell zur Kompensation der physischen Änderung geändert wird. Eine größere Änderung kann anhand der Ergebnisse des Systems, beispielsweise wenn sich die Printqualität ändert, bestimmt werden.

Bei der Berechnung des fotografischen Kalibriermodells erhält man die Printdichten der Kalibrierfelder durch Verwendung des Densitometers 16. Dieser Vorgang findet bei 90 statt und beinhaltet die Messung der Spannungen aller Fotozellen im Filmdensitometer, die Umsetzung in digitale Zählimpulse und die Anwendung des Filmdensitometer-Kalibriermodells. Mit dem Mittelwert aller Pixel für jede Farbe jedes Felds erhält man die RGB-Printdichten jedes Felds. Bei 17 Feldern ergeben sich 17×3 oder 51 Mittelwerte. Danach findet die Überprüfung des Nennwertabgleichs 92 statt. Damit soll sichergestellt werden, daß die Dichten der Kalibrierprints innerhalb eines angemessenen Bereichs, vorzugsweise, aber nicht unbedingt auf dem geraden Teil der Dichte-/log. Belichtungswert-Kurve des Papiers, liegen. Für diese Prüfung wird das normale neutrale Feld verwendet. Dies ist das Kalibrierfeld, dessen Printdichte dem Mittelwert einer großen Grundmenge an Negativen mit normalen Szenen am nächsten kommt. Hierfür können dieselben Kalibrierfelder wie zur Bestimmung des Filmdensitometermodells, jedoch nicht die für diese Felder berechneten Solldichten verwendet werden. Eventuell ist die Verwendung mehrerer Karussells mit verschiedenen Feldern wünschenswert. Besondere Felder zur Bestimmung des Densitometer-Kalibriermmodells können die Verwendung der teuren Inconel-Neutraldichtefilter erforderlich machen. Da die Karussells mit den Kalibrierfeldern für das fotografische Modell häufiger verwendet werden, können sie gegen das Karussell mit den für das Densitometer-Kalibriermmodell verwendeten Feldern ausgetauscht werden.

Bei der Überprüfung des Nennwertabgleichs (90 - Fig. 6) erhält man die logarithmierten RGB-Belichtungen mit einem fotografischen Nenn-Kalibriermmodell (einer bestimmten Anordnung von Koeffizienten und Ausgleichswerten). Hierzu kann das bei einer früheren Kalibrierung entwickelte Modell verwendet werden, wenn es sich im Plattenspeicher 54 (Fig. 3) befindet. Eine geeignete Matrix aus Koeffizienten und Ausgleichswerten ist wie folgt:

$$\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & \text{Off}_x \\ 0 & 1 & 0 & + \text{Off}_y \\ 0 & 0 & 1 & \text{Off}_z \end{array}$$

Die Ausgleichswerte werden zunächst empirisch bestimmt, falls keine früheren Ergebnisse vorliegen. Diese Ausgleichswerte hängen von vielen verschiedenen Teilen des Systems ab. Liegen keine früheren Angaben vor, so kann eine Einheitsmatrix verwendet werden. Diese Matrix macht keine Annahmen bezüglich der RGB-Wechselwirkungen.

Ein Print wird durch das normale neutrale Feld hindurch mit der Belichtungs-
vorrichtung belichtet, wozu die aus dem fotografischen Nennkalibriermodell erhaltenen logarithmierten RGB-Belichtungswerte verwendet werden. Der Print wird verarbeitet und mit dem Printdensitometer 48 gemessen. Die Ausgangssignale erhält man in den RGB-Kanälen. Diese Ausgangsprintdichten werden mit bestimmten RGB-Sollprintdichten verglichen. Diese Sollprintdichten können beliebig gewählt werden, vorzugsweise sollten sie jedoch nahe dem Dichtewerte gewählt werden, den die meisten Prints mit normalen Szenen aufweisen. Geeignete Sollprintdichten sind 0,80, 0,80 und 0,80 für die RGB-Kanäle. Die Belichtung wird anhand der sich aus dem Vergleich ergebenden Differenzen justiert, und es wird ein weiterer Print hergestellt, bis ein Print mit nahezu den gewünschten Sollprintdichten gemessen wird. Eventuell ist es wünschenswert, zur automatischen Belichtungssteuerung während der Überprüfung des Nennabgleichs die Belichtungsänderung zu berechnen. Beispielsweise kann die Steigung der Printdichte-/log. Belichtungswert-Kurve für die roten, grünen und blauen Farbkomponenten bestimmt oder geschätzt werden. Die Differenz zwischen den RGB-Sollprintdichten und den RGB-Istprintdichten wird bestimmt und dann durch die RGB-Papiersteigung dividiert, um die logarithmierten RGB-Belichtungsdifferenzen zu erhalten. Diese Differenzwerte werden dann zu den ursprünglichen logarithmierten RGB-Belichtungswerten hinzuaddiert, um die geänderten Belichtungswerte zu erhalten, die Prints erzeugen, welche den Sollprintdichten besser entsprechen.

Nach Überprüfung des Nennwertabgleichs werden die 51 Kalibrierprints wie in Fig. 6 unter 94 dargestellt hergestellt. Dies sind die Printreihen, die für die Berechnung des fotografischen Kalibriermodells verwendet werden. Diese Prints werden unter Verwendung der geplanten Ausgleichswerte für die RGB-Printdichten der Kalibrierfelder gemäß Tabelle 1 hergestellt. Die Ausgleichswerte kann man durch Anwendung des zu diesem Zeitpunkt aktuellen fotografischen Kalibriermodells auf die RGB-Printdichten mit hinzuaddierten

Ausgleichswerten erhalten, um die Steuereingangssignale für die Belichtungs-
vorrichtung 20 zu bestimmen. Liegen für das System keine früheren Daten vor,
wird, wie oben beschrieben, ein fotografisches Nennkalibriermodell gewählt.
Je näher das gewählte Modell dem resultierenden Modell kommt, desto wirk-
samer sind die Berechnungen, und es werden weniger Iterationen benötigt. Wie
oben erwähnt, gibt es drei verschiedene Sätze von Belichtungsdifferenzwerten
für jedes Kalibrierfeld, es werden 17 x 3 oder 51 Kalibrierprints herge-
stellt. Diese werden als Printreihe bezeichnet.

Danach werden die Kalibrierprintdichten mit dem Printdensitometer 48 gemes-
sen. Dies findet bei 96 in Fig. 3 statt. Aus den RGB-Printdichten der Kali-
brierfelder, den bei der Herstellung der Kalibrierprints verwendeten loga-
rithmierten Belichtungswerten (logarithmierte Belichtungswerte der Printrei-
hen) und den Printreihendichten, die eine umfassende Grundlage für statisti-
sche Daten bilden, wird eine Regressionsberechnung für das fotografische
Kalibriermodell durchgeführt - siehe 98. Das Programm zur Durchführung die-
ser Regressionsberechnung ist in Fig. 7 dargestellt. Es werden mehrere
Regressionen durchgeführt, die im Flußdiagramm mit 100, 102 und 104 darge-
stellt sind. Die erste Regression 100 wird anhand der RGB-Printdichten der
Kalibrierfelder (ohne Hinzuaddieren der Ausgleichswerte), der logarithmier-
ten RGB-Belichtungswerte und - im Fall eines Lampenhauses mit variabler
Belichtungszeit wie z.B. beim Lampenhaus mit Verschuß 20 (Fig. 2) - des
Logarithmus der Belichtungszeiten (dargestellt als log Zeit) und aller ande-
ren für die Belichtungsvorrichtung oder die Entwicklungschemikalien relevan-
ten Variablen als unabhängigen Variablen und der RGB-Printdichten der Kali-
brierprints als abhängigen Variablen berechnet. Die Koeffizienten- und Aus-
gleichsmatrix ist in der Gleichung angegeben.

$$P * M_p + E * M_e + T * M_t + O + = P.D. \quad (2)$$

mit:

P = 51 x 3-Matrix der Kalibriernegativ-Printdichten
(je 3 Prints von 17 Negativen)

- M_P = 3 x 3-Matrix der Regressionskoeffizienten, die mit den Kalibriernegativ-Printdichten multipliziert werden
- E = 51 x 3-Matrix der logarithmierten RGB-Belichtungswerte für die Kalibrierprints
- M_E = 3 x 3-Matrix der Regressionskoeffizienten, die mit den logarithmierten Belichtungswerten multipliziert werden
- T = 51 x 1-Matrix des Logarithmus der Belichtungszeit für jeden Kalibrierprint
- M_T = 1 x 3-Matrix, die mit dem Logarithmus der Belichtungszeiten multipliziert wird
- O = 1 x 3-Matrix der Regressionsausgleichswerte
- ϵ = 51 x 3-Matrix der Abweichungen zwischen den berechneten und den gemessenen Werten der Printdichte (P.D.). Die Summe der Quadrate aller ϵ -Werte wird minimiert.
- P.D. = 51 x 3-Matrix der RGB-Kalibrier-Printdichten.

In einer weiteren Berechnung 106 werden die RGB-Sollprintdichten mit der Koeffizienten- und Ausgleichsmatrix der ersten Regressionsberechnung 100 berechnet. In den folgenden drei Programmteilen 108, 102, 110 und 112 werden die bei 96 in Fig. 6 gemessenen RGB-Printdichten (Printreihendichten) linearisiert. Dies erfolgt derart, daß die Beziehung zwischen der Sollprintdichte und der gemessenen Printdichte linear ist. Die 3 Kanäle können getrennt linearisiert werden, und der Vorgang bei 108, 102, 110, 112 wird für jede Farbe durchgeführt. Zuerst wird die bei 106 berechnete Sollprintdichte in eine beliebige Potenz erhoben. Diese Potenz kann ausreichend nahe der erforderlichen Potenz gemäß nachstehender Beschreibung gewählt werden. Danach

wird die Regressionsberechnung 102 mit den potenzierten Sollprintdichten als unabhängigen Variablen (51 x 1-Matrix) und den gemessenen Printdichten für dieselbe Farbe (rot, grün oder blau) als abhängigen Variablen (weitere 51 x 1-Matrix) durchgeführt. Die Regression wird mit einer anderen Potenz zur Reduzierung der Standardabweichung der Regression in Schritt 102 so lange wiederholt, bis ein Minimum der Standardabweichung gemäß Schritt 110 erreicht ist. Diese Vorgehensweise wird üblicherweise als nichtlineare Regression bezeichnet. Zur Linearisierung der P.D. können auch andere Verfahren wie die Verwendung von Nachschlagetabellen verwendet werden. Die Potenz und die Regressionssteigung und der Regressionsausgleich werden entweder in der CPU 52 oder im Plattenspeicher 54 (Fig. 3) gespeichert. Die Printdichte der minimalen Standardabweichung wird in Schritt 112 anhand folgender Gleichung berechnet:

$$\text{linearisierte P.D.} = ((\text{P.D.} - (\text{Ausgleich}/\text{Steigung}))^{1/\text{Potenz}}) \quad (3)$$

Für die letzte Regressionsberechnung 104 werden dieselben Variablen wie für die erste Regressionsberechnung 100 verwendet, außer daß die abhängigen Variablen gegen bestimmte unabhängige Variablen ausgetauscht werden und die linearisierten Printdichten die ursprünglichen Printdichten ersetzen, wie die Blöcke 100 und 104 zeigen. Die Regression wird berechnet unter Verwendung der RGB-Kalibrierfeld-Printdichten, der linearisierten RGB-Printdichten aus Schritt 112 und aller anderen für die Belichtungsvorrichtung relevanten Variablen, wie z.B. des Logarithmus der Belichtungszeit oder der Variablen der Entwicklungskemikalien als unabhängigen Variablen, und den logarithmierten RGB-Belichtungswerten aus Schritt 94 in Fig. 6 als abhängigen Variablen. Hierfür wird eine ähnliche Gleichung wie die oben für die erste Regressionsberechnung 100 genannte Gleichung verwendet. Die Regressionsberechnung liefert ein Modell zur Vorausberechnung der logarithmierten RGB-Belichtungswerte aus den Negativdichten und den gewünschten Printdichten.

Danach werden die Regressionsausgleichswerte im letzten Regressionsschritt 114 der Kalibrierberechnung angepaßt. Die Sollprintdichten (z.B. 0,80, 0,80, 0,80) für die RGB-Kanäle werden mit den RGB-Steigungen (Matrixkoeffizienten), Ausgleichswerten und Potenzen, die für die minimale Standardabweichung gespeichert wurden, linearisiert. Die Sollprintdichten werden mit dem 3 x

3-Teil der aus der letzten Regressionsberechnung 104 erhaltenen Matrix, die die Koeffizienten der linearisierten Printdichten enthält, multipliziert. Daraus ergeben sich RGB-Ausgleichswerte, die den RGB-Regressionsausgleichswerten aus der Regressionsberechnung 104 hinzuaddiert werden und diese Ausgleichswerte anpassen.

Mit dem fotografischen Kalibriermodell in der fotografischen Kompensationslogik 44 (Fig. 1) werden die RGB-Dichten der Negative für die Serienherstellung von Prints mit dem 3 x 3-Teil der Matrix aus dem Regressionsschritt 104, der die Koeffizienten der Kalibrierfelddichte als unabhängige Variablen enthält, multipliziert. Danach werden die angepaßten RGB-Ausgleichswerte hinzuaddiert, wodurch man die logarithmierten Belichtungswerte erhält.

Bei der Berechnung des Kalibriermodells für die Belichtungsvorrichtung, das in der Belichtungsvorrichtungslogik 50 verwendet werden soll, ist keine absolute fotografische Kalibrierung erforderlich. Die einzige Forderung ist die, daß bei einer Änderung an der Belichtungsvorrichtung, z.B. Austausch einer durchgebrannten Lampe, die Kalibrierung ein neues Modell bestimmen muß, das dieselben Ergebnisse wie das vorherige Modell erzielt. Dies erreicht man durch Kalibrieren des Verschlusses auf eine bekannte konstante oder kalibrierte variable Belichtungszeit. Die Intensität oder variable Intensität wird ebenfalls kalibriert. Dies erfolgt mit Hilfe eines Fotometersystems mit 3 Kanälen (RGB), mit Spektralempfindlichkeiten ähnlich der Spektralempfindlichkeit des im Printsystern verwendeten Papiers. Die Intensität jeder Lampe kann mit den Abschwächungsscheiben 22 (Fig. 2) verändert werden, und die Intensitäten können mit dem RGB-Fotometersystem gemessen werden. Eine Tabelle der Intensität / Position der Abschwächungsscheibe 22 wird für jede Farbe erstellt.

Bei Verwendung des Belichtungsvorrichtungs-Kalibriermodells (Fig. 8) werden die logarithmierten RGB-Belichtungswerte an die Belichtungsvorrichtungslogik übertragen. In der ersten Berechnung 120 wird der Logarithmus der Belichtungszeit von jedem logarithmierten Belichtungswert subtrahiert, so daß man die logarithmierten Intensitäten erhält. Mit den erstellten Kalibriertabellen kann man nachsehen, bei welcher Position der Abschwächungsscheiben 22 man diese logarithmierten Intensitäten für jede Farbe erhält. Es werden It-

rationen der Vergleiche zwischen logarithmierten Intensitäten mit entsprechenden Scheibenpositionen (122) und einer Veränderung der Belichtungszeiten durchgeführt. Sind eine oder mehrere logarithmierte RGB-Intensitäten in den Kalibriertabellen nicht vorhanden, muß die Belichtungszeit derart entsprechend angepaßt werden, daß die neuen sich ergebenden logarithmierten Intensitäten an den in der Tabelle angegebenen Positionen der Abschwächungsscheiben zur Verfügung stehen. Die Scheiben und der Verschuß werden eingestellt, und das Negativ wird belichtet.

Aus der obigen Beschreibung geht hervor, daß ein verbessertes System zur Kalibrierung und Steuerung der Belichtungsvorrichtung eines fotografischen Farbprinters geschaffen wurde. Die Erfindung beschränkt sich natürlich nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel, sondern für den Fachmann sind im Rahmen der Erfindung verschiedene Abwandlungen möglich. Demgemäß ist die vorstehende Beschreibung als Veranschaulichung und nicht als Einschränkung zu verstehen.

Zeichnungsbeschriftung

FIG. 1

- 16 Film-Scanner
 - a Intensität
 - b Belichtungszeit
- 20 Lampenhaus
 - c Felder-Negative - 5 neutral bei 3 Kamerablenden
4 Farben bei 3 Kamerablenden
für die Kalibrierung
- 42 Densitometerlogik (Densitometer-Kalibriermodell)
 - d RGB-Dichten
- 43 Transmissionsdichtewandler
 - e Transmissionsdichte
- 68 Kontrollprintlogik
- 44 Fotografische Kompensationslogik (fotografisches Kalibriermodell)
 - f logarithmierte RGB-Belichtungswerte
- 50 Belichtungslogik (Belichtungs-Kalibriermodell)
- 46 Papierverarbeitungssystem
- 48 Print-Densitometer

FIG. 2

- 16 Scanner-Kamera (CCD oder Fotozellen)
- 38 Kalibrierfeld-Karussell
- 20 Lampenhaus
- 70 Lichtquelle
- 40 Schrittmotor
- 22 Abschwächungsscheiben
- 26 Verschuß
- 28 Zoomlinse
- 30 Stufen-Papiermaske und Führung
- a zu Spule und Verarbeitungsgerät

FIG. 3

- 10/12 Filmtransport-Hardware
- 36/38 Printer-Kalibrierfelder
- 33 Fotopapier
- 32/34 Papiertransport-Hardware
- 16 Filmdensitometer (Scanner)
- 20 Belichtungsvorrichtung (Lampenhaus)
- 46 Papierverarbeitungsgerät
- 54 Plattenspeicher
- 48 Printdensitometer

FIG. 4

- a Fotozellenspannungen
- 60 Filmdensitometer-Kalibriermodell
- b serienmäßig hergestellter Print
- c RGB-Printdichten
- d Kontrollprint
- 64 Algorithmus zur Bestimmung der Belichtungswerte
- 68 Kontrollprintlogik
- e RGB-Transmissionsdichten
- 62 fotografisches Kalibriermodell
- f logarithmierter RGB-Belichtungswert
- 66 Belichtungsvorrichtung-Kalibriermodell
- g Belichtungszeit und Intensität

FIG. 5

- 78 Messung der Fotozellenspannungen
- 80 Umwandeln der Spannung in A/D-Zählimpulse
- 82 Anpassen von Spannungsverstärkung und Offset auf die gewünschten A/D-Zählimpulse
- 84 Bestimmung der Kalibrierfeld-"Solldichten"
- 86 Messung der durchschnittlichen A/D-Zählimpulse für jedes Kalibrierfeld
- 88 Regressionsberechnung für das Farb-Kalibriermodell

FIG. 6

- 90 Bestimmung der Printdichten der Printer-Kalibrierfelder
- 92 Überprüfung des Nennabgleichs
- 94 Herstellen von Kalibrierprints
 - a Printreihen
 - b log. Belichtungswert der Printreihen
- 96 Messung der Kalibrierprintdichten
 - c RGB-Printdichten von den Kalibrierfeldern
 - d Printdichten der Printreihen
- 98 fotografische Kalibrier-Regressionsberechnung
 - e fotografisches Kalibriermodell

FIG. 7

- 100 Regression:
 - Unabhängige Variablen: RGB-Negativdichte
 - log. RGB-Belichtungswert
 - log. Zeit
 - Abhängige Variablen: RGB-Printdichte
- 106 Berechnung der vorausberechneten RGB-Printdichte
- 108 Potenzieren der vorausberechneten RGB-Printdichte
- 102 Regression:
 - Unabhängige Variablen: Potenzierter vorausberechneter P.D.
 - Abhängige Variablen: gemessene P.D.

- 110 Standardabweichung < als vorher?
- 112 Linearisierte gemessene Printdichte
- 104 Regression:
 - Unabhängige Variablen: RGB-Negativdichte
 - Linearisierte RGB-Dichte
 - log. Zeit
 - Abhängige Variablen: log. RGB-Belichtungswerte
- 114 Anpassen der RGB-Regressionsausgleichswerte

FIG. 8

- a logarithmierter RGB-Belichtungswert
- 120 Subtrahieren der log. Belichtungszeit
- 122 Liegt eine Position der Abschwächungsscheibe vor?
- b Belichtungszeit ändern
- c Positionieren der Abschwächungsscheiben in entsprechende Stellungen und Anpassen der Belichtungszeit

EPA 88 900 901.5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren eines zur serienmäßigen Herstellung von Prints dienenden fotografischen Printsystems, bei dem ein Printmedium durch Filmnegative hindurch mit Licht, das Farbkomponenten unterschiedlicher Intensität aufweist, und/oder mit unterschiedlichen Belichtungszeiten belichtet wird, wobei das Printsysteem ein Filmdensitometer zum Ermitteln der Transmissionsdichten der Negative, eine Belichtungsvorrichtung, die das die Farbkomponenten unterschiedlicher Intensität enthaltende Licht und/oder unterschiedliche Belichtungszeiten liefert, sowie eine Belichtungssteuereinrichtung enthält, die die Intensität der Farbkomponenten und die Belichtungszeiten der Belichtungsvorrichtung nach Maßgabe der ermittelten Dichten automatisch steuert, dadurch gekennzeichnet, daß es die folgenden Arbeitsschritte umfaßt:
 - a) Herstellen eines Satzes von Filmnegativfeldern, der eine Gruppe von neutralen Feldern von jeweils unterschiedlicher Dichte und mehrere Gruppen von Farbfeldern unterschiedlicher Farbe umfaßt, wobei jedes Feld einer jeden Gruppe eine unterschiedliche Dichte und die gleiche Farbe besitzt, derart, daß der Satz im wesentlichen die ganze Bandbreite der in einer durchschnittlichen Verarbeitungsmenge von Farbnegativen vorliegenden Negativdichten umfaßt,
 - b) Verwendung von für jedes Feld gemessenen Spektralempfindlichkeitsdaten und von Spektralempfindlichkeitsdaten für das Printmedium, wobei elektrische Sollprintdichtesignale erzeugt werden, die die theoretischen Dichten angeben, die von dem Filmdensitometer gemessen würden, wenn die Spektralempfindlichkeit des Filmdensitometers der Spektralempfindlichkeit des Printmediums entsprechen würde,
 - c) Messung der Transmissionsdichten für jedes Feld unter Verwendung des Filmdensitometers,

- d) Verwendung der gemessenen Felddichten und der erzeugten Sollprintdichtesignale, womit elektrische Signale erzeugt und gespeichert werden, die den Kalibrierungsparametern des Filmdensitometers entsprechen, die die Empfindlichkeit des Papiers mit der Empfindlichkeit des Filmdensitometers in Beziehung setzen,
 - e) Belichtung des Printmediums mittels der Belichtungsvorrichtung und gesteuert durch die Belichtungssteuereinrichtung, um so eine Reihe von Prints mit unterschiedlichen Kombinationen von Farbkomponentenintensitäten von jedem der Felder zu erzeugen,
 - f) Messen der Printdichten eines jeden Prints der Printreihe,
 - g) Verwendung der gemessenen Felddichten und der gemessenen Printdichten, um elektrische Signale zu erzeugen und zu speichern, die den Kalibrierungsparametern für den fotografischen Prozeß entsprechen, welche die Dichte der Felder mit der Dichte der Printreihe in Beziehung setzen, und
 - h) Verwendung der den Kalibrierungsparametern des Filmdensitometers entsprechenden gespeicherten elektrischen Signale und der den Kalibrierungsparametern für den fotografischen Prozeß entsprechenden gespeicherten elektrischen Signale, um die Arbeit der Belichtungssteuereinrichtung nach Maßgabe der in Filmnegativen festgestellten Dichten so zu steuern, daß Prints serienmäßig herstellbar sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in den Schritten (d) und (e) Parametersignale für jede RGB-Farbkomponente eines Filmnegativs erzeugt und gespeichert werden und daß in Schritt (h) die Kalibrierungsparametersignale des Filmdensitometers mit den Kalibrierungssignalen für den fotografischen Prozeß so verarbeitet werden, daß logarithmierte RGB-Belichtungssignale an die Belichtungssteuereinrichtung übermittelt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Schritt (b) elektrische Signale in digitaler Form erzeugt werden, die den Sollprintdichten für jede RGB-Farbkomponente entsprechen, daß im Schritt (c) die Dichten eines jeden Feldes gemessen werden, um digitale Daten für jede RGB-Farbkomponente der Felder mit dem Filmdensitometer zu erhalten, und im Schritt (d) die Signale manipuliert werden, um unter Verwendung der Sollprintdichtesignale und der digitalen Densitometerdaten eine Regressionsberechnung durchzuführen und damit die Kalibrierungsparameter des Filmdensitometers zu erhalten.
4. Verfahren nach Anspruch 3, daß die Regressionsberechnung mit Hilfe der Gleichung

$$A * M + O + \epsilon = P$$

vorgenommen wird, in der A eine Matrix aus den digitalen Densitometerdaten, M eine Regressionsmatrix, O eine Regressionsausgleichsmatrix, P eine Matrix aus Solldichten und ϵ eine Matrix aus Abweichungen zwischen den berechneten Werten von P ist, wobei die Summe der Quadrate aller ϵ -Werte minimiert wird, und daß die gespeicherten elektrischen Signale, die den Kalibrierungsparametern des Filmdensitometers entsprechen, verwendet werden, indem digitale Daten für jedes Pixel einer Matrix aus Pixels, die den Ausgang des Filmdensitometers darstellt, mit der Matrix aus Koeffizienten multipliziert und die Ausgleichsmatrix hinzuaddiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Erzeugung der die Kalibrierungsparameter für den fotografischen Prozeß darstellenden Signale gemäß Schritt (g) diese Signale zur Durchführung einer Regressionsberechnung manipuliert werden, wobei elektrische Signale in digitaler Form, die die Dichten der RGB-Farbkomponenten der Printreihe, Dichten der RGB-Farbkomponenten des Satzes von Filmnegativfeldern und logarithmierte RGB-Belichtungswerte für die Belichtung Printreihe darstellen, verwendet werden, um Signale zu erzeugen, die den Koeffizienten- und Ausgleichsmatrices entsprechen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Regressionsberechnung mit Hilfe der Gleichung

$$P * M_p + E * M_E + O + \epsilon = P.D.$$

vorgenommen wird, in der P eine Matrix der Negativ-Printdichten, M_p eine Matrix aus Regressionskoeffizienten, die mit den Dichten der Negativfelder multipliziert wird, E eine Matrix der logarithmierten Belichtungswerte, M_E die Matrix von mit den logarithmierten Belichtungswerten multiplizierten Regressionskoeffizienten, O eine Regressionsausgleichsmatrix, P.D. die vom Printer erhaltenen Printdichten und ϵ eine Matrix aus Abweichungen zwischen den errechneten Werten von P.D. und den (bei den Prints) gemessenen Werten von P.D. sind, wobei die Summe der Quadrate aller ϵ -Werte minimiert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (g) die Signale derart manipuliert werden, daß eine Berechnung zum Linearisieren der P.D. durchführbar ist.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (g) die Signale derart manipuliert werden, daß eine weitere Berechnung unter Verwendung der Koeffizienten (Steigung) und Ausgleich zum Linearisieren der P.D. durchführbar ist, indem die Regression mit unterschiedlicher Potenz solange wiederholt wird, bis mit Hilfe der Gleichung:

$$\text{linearisierte P.D.} - (P.D. - (\text{Ausgleich/Steigung})^{1/\text{Potenz}})$$

ein Fehlerminimum erreicht worden ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (g) die Signale derart manipuliert werden, daß eine weitere Regressionsberechnung durchführbar ist, wobei bestimmte abhängige und unabhängige Variablen in der Gleichung gemäß Anspruch 6 ausgetauscht werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (g) die Signale derart manipuliert werden, daß eine weitere Regressionsberechnung durchführbar ist, bei der die linearisierten P.D. verwendet werden, um die ursprünglichen P.D. und die anderen in der Gleichung gemäß Anspruch 6 enthaltenen Variablen zu ersetzen.
11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Felder unterschiedlicher Dichte Filmnegativfelder sind, die mit unterschiedlichen Blendenwerten belichtet wurden.
12. Verfahren nach anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Gruppen von Farbfeldern unterschiedlicher Farben aus Gruppen von Feldern mit vier unterschiedlichen Farben bestehen.
13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Gruppen von Farbfeldern unterschiedlicher Farbe aus zwei Sätzen von Feldern mit orthogonalen Farben bestehen.
14. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kombinationen von Farbkomponentenintensitäten gemäß Arbeitsschritt (e) erhalten werden, indem jedes der Felder mit einer anderen Belichtungsvariante belichtet wird.

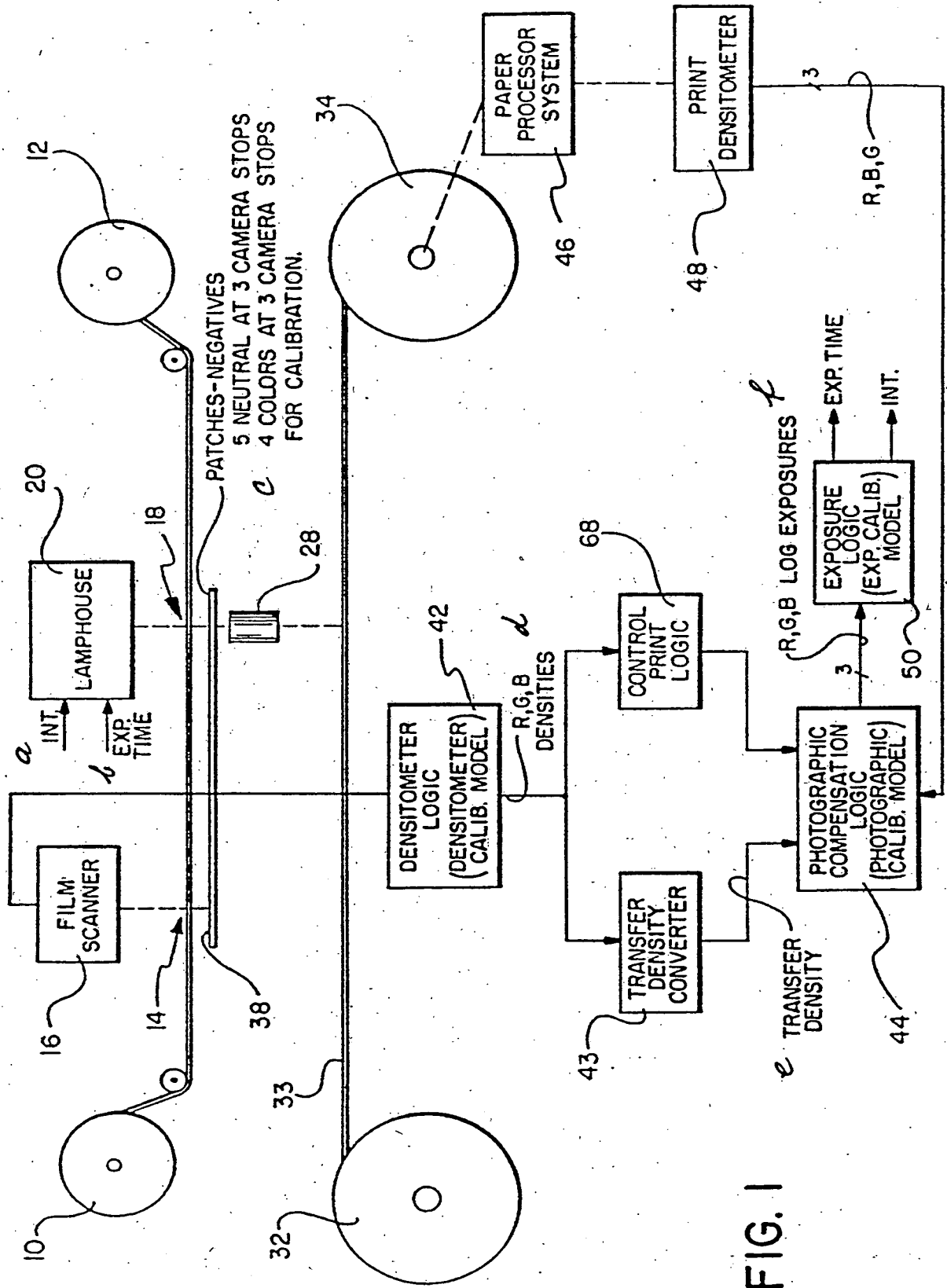


FIG. 1



FIG. 2

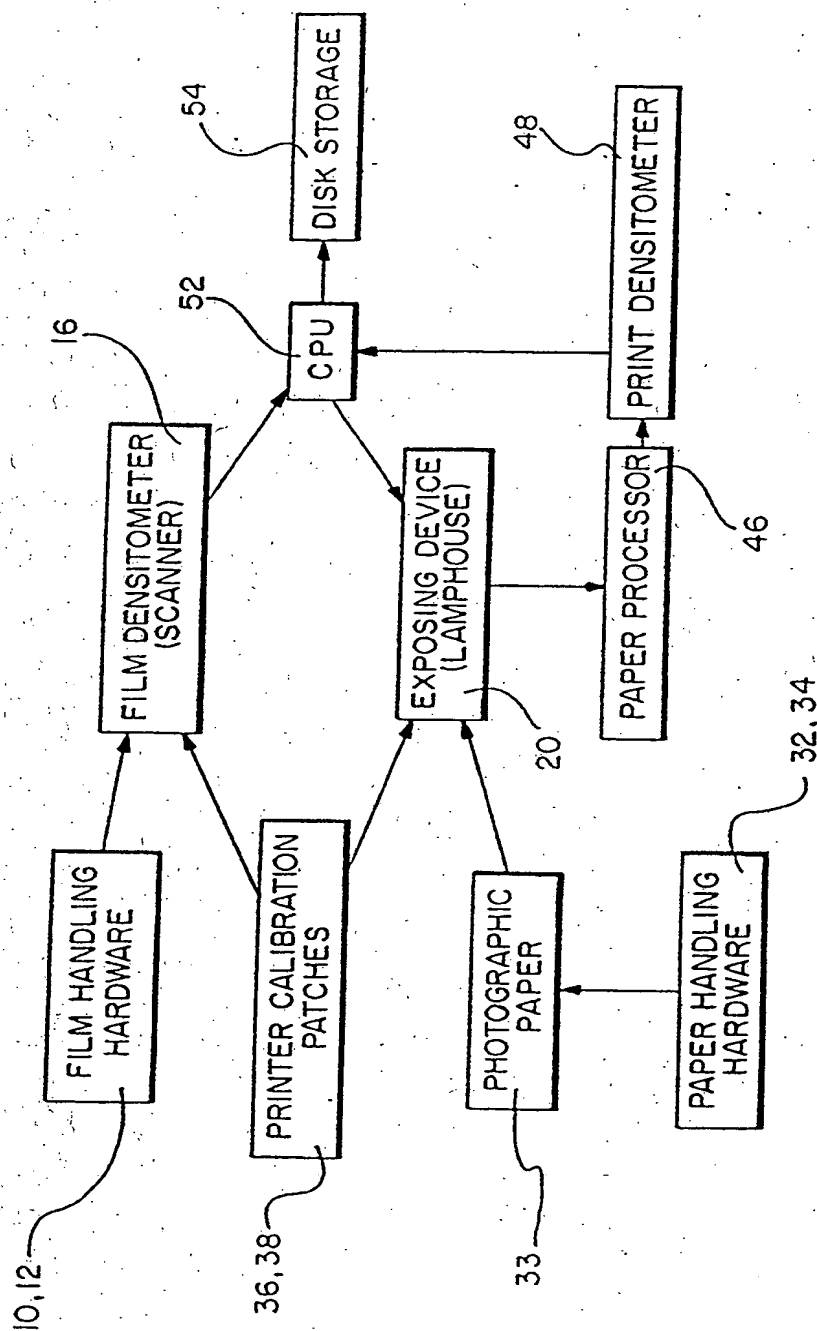


FIG. 3

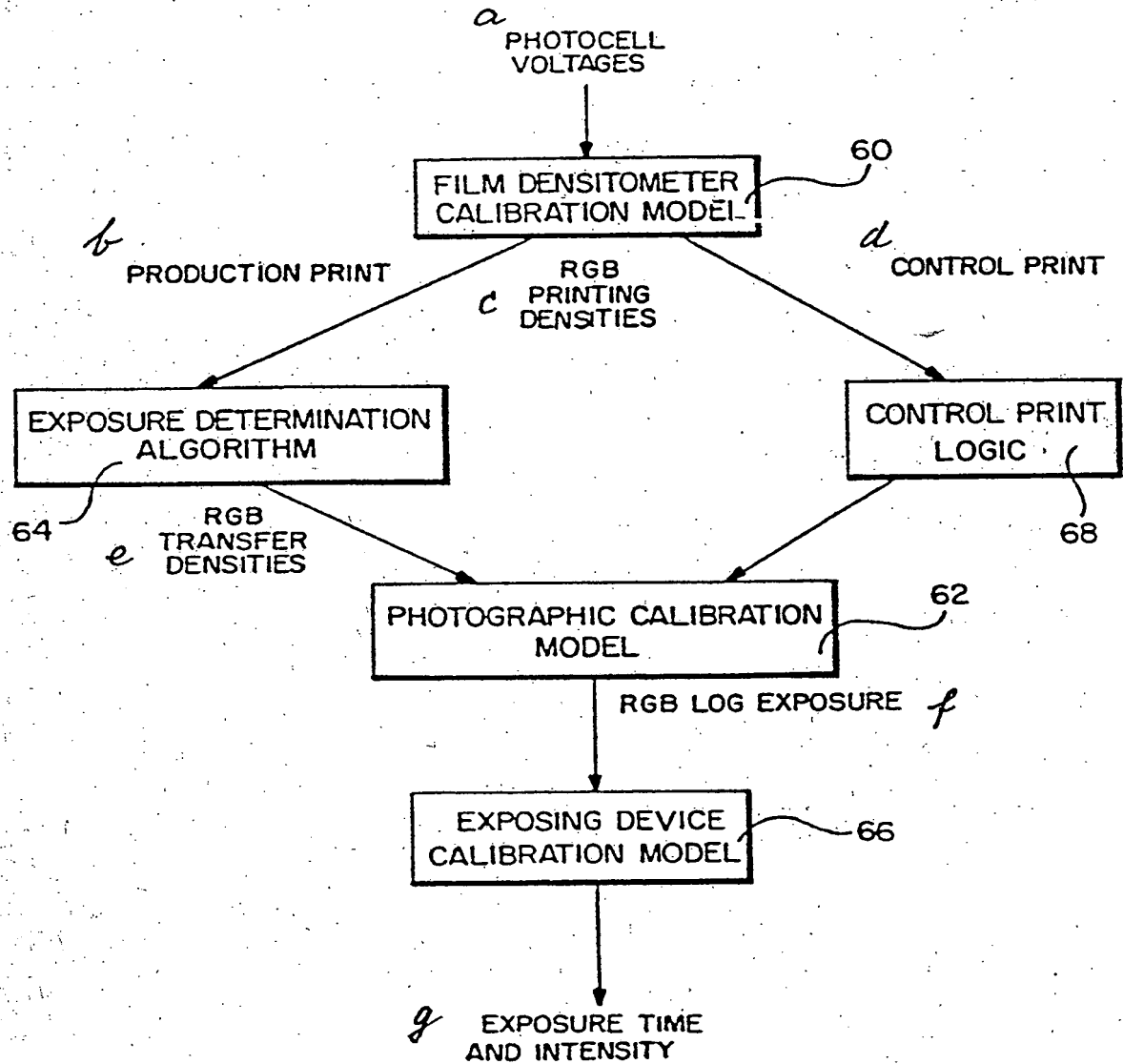
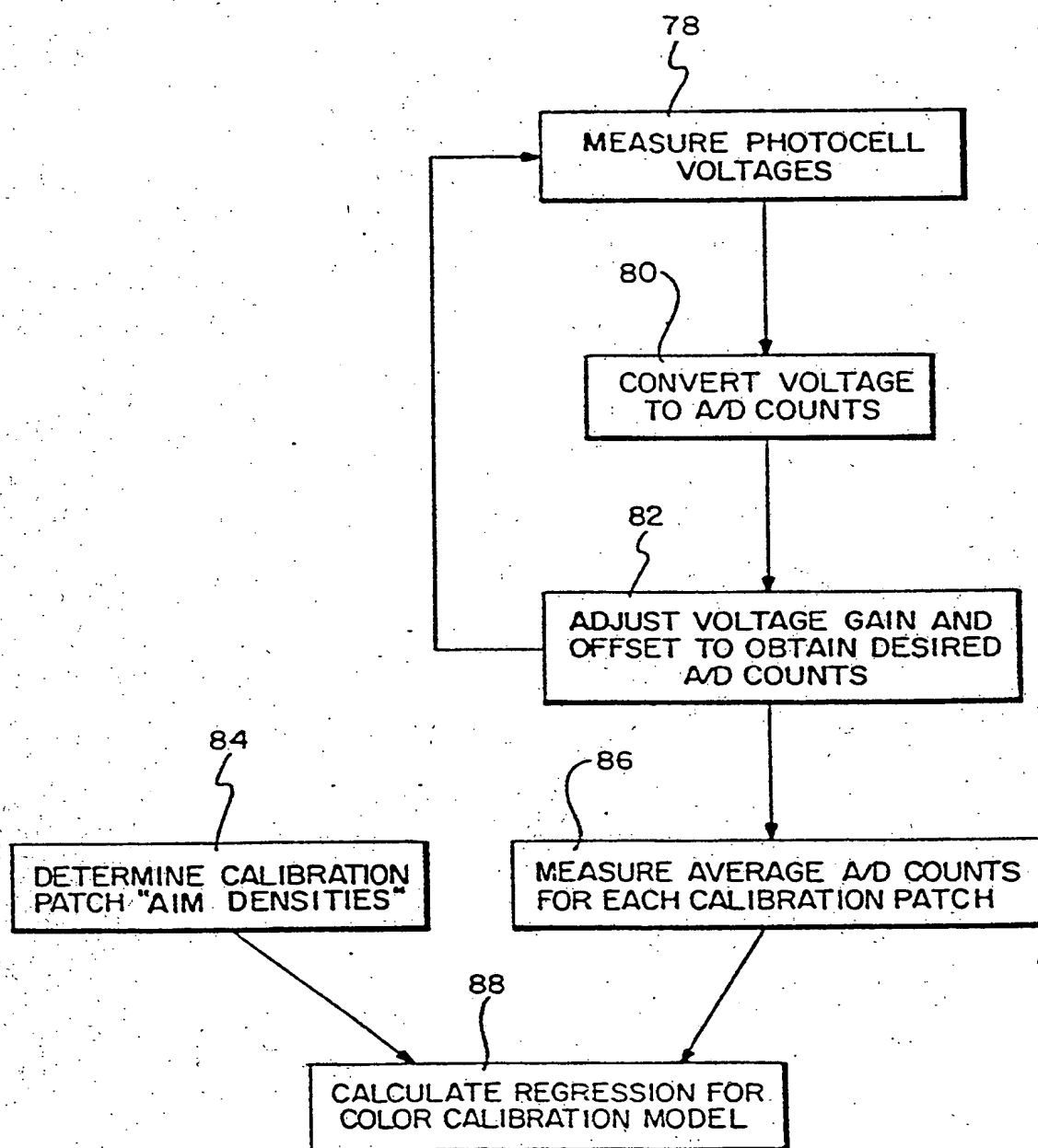


FIG. 4

FIG. 5



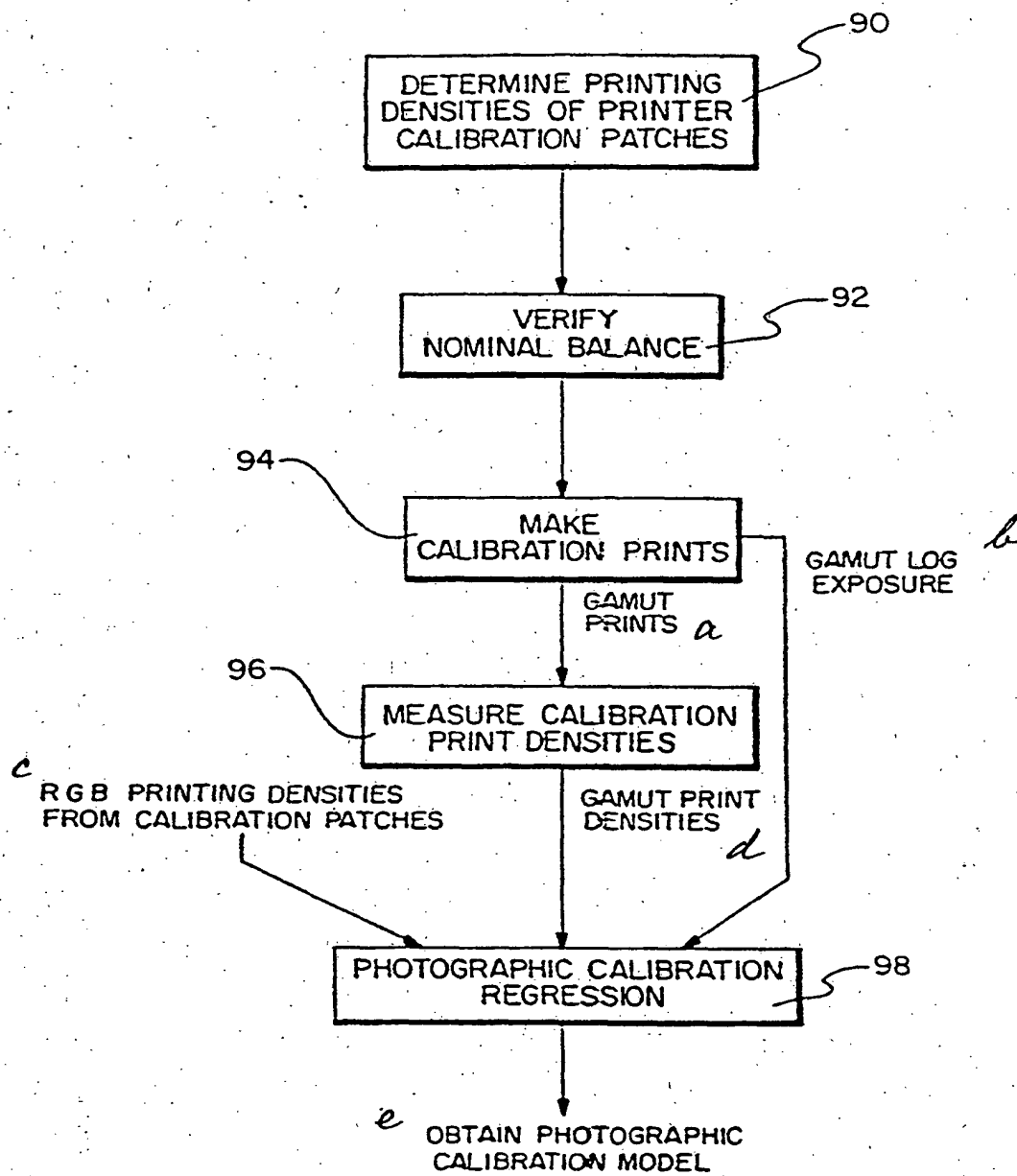


FIG. 6

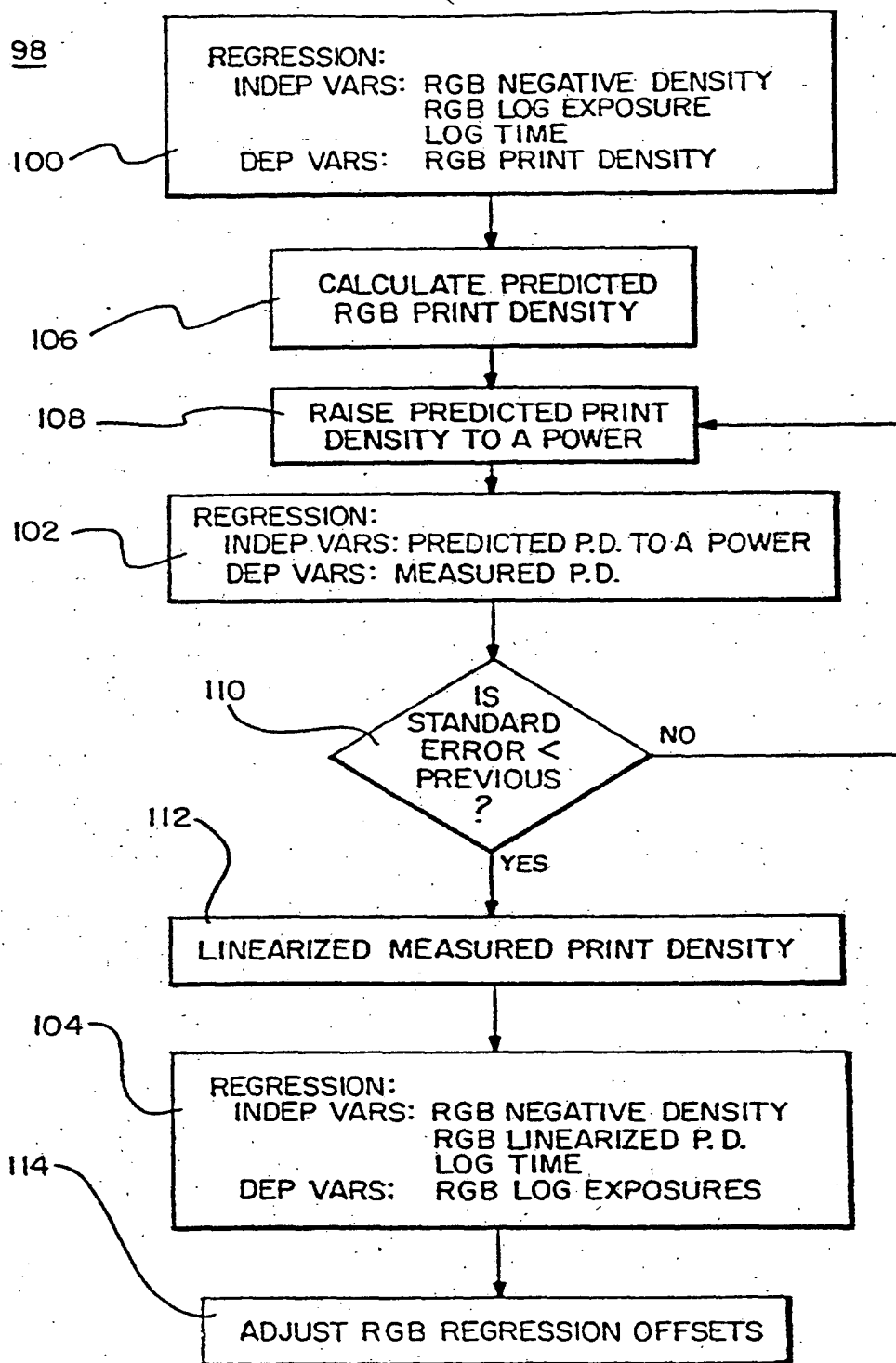


FIG. 7

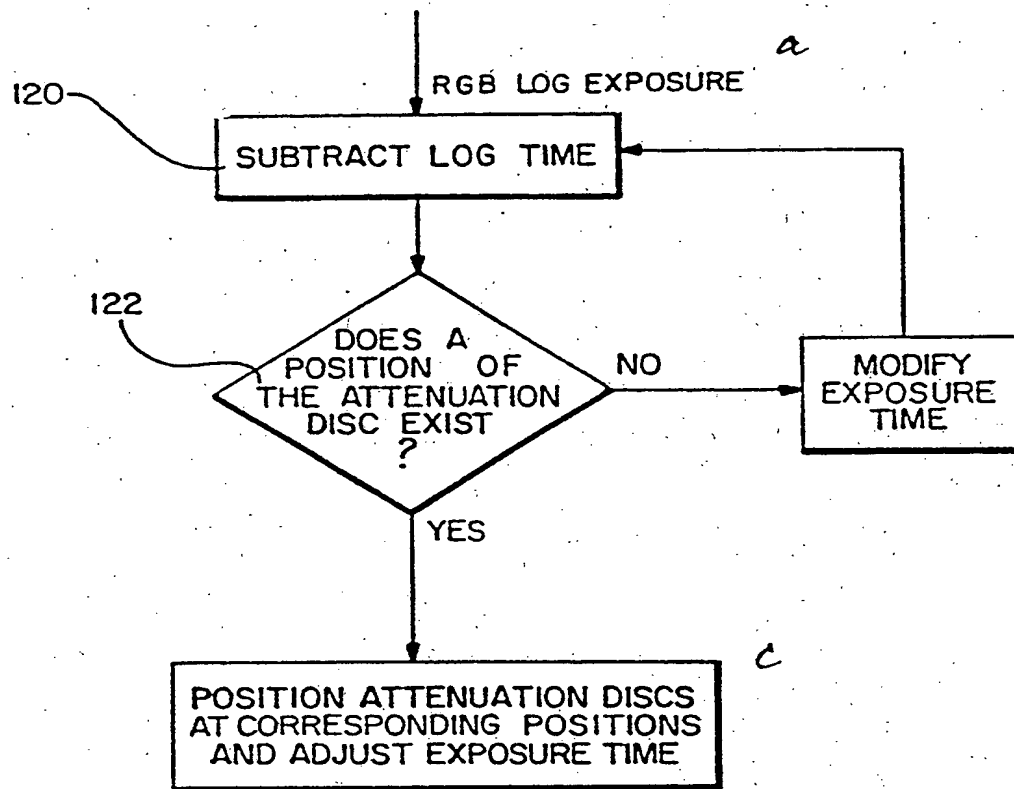


FIG. 8